

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-67266

(43) 公開日 平成8年(1996)3月12日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

B 6 2 D 6/00

5/04

// B 6 2 D 119:00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平6-206990

(22) 出願日 平成6年(1994)8月31日

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 向 良信

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

(72) 発明者 野呂 栄樹

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

(72) 発明者 広中 慎司

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

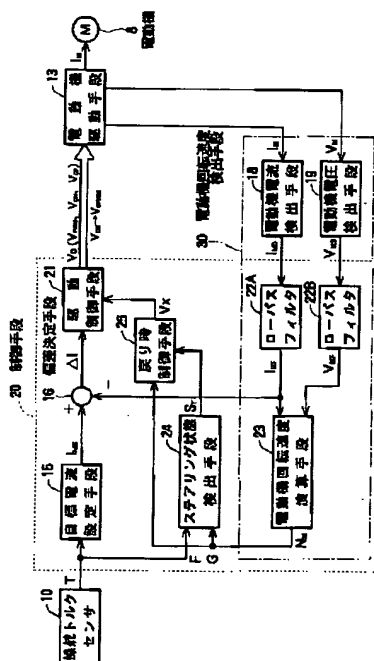
(74) 代理人 弁理士 下田 容一郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

(57) 【要約】

ステアリングの戻り時にも目標電流に応じた操舵補助力を発生する操舵フィーリングに優れた電動パワーステアリング装置を提供する。

【構成】 操舵トルクセンサ10と、目標電流設定手段15、偏差決定手段16、駆動制御手段21、ローパスフィルタ(LPF)22Aおよび22B、電動機回転速度演算手段23、ステアリング状態検出手段24、戻り時制御手段25を備えた制御手段20と、電動機駆動手段13と、電動機8と、電動機電流検出手段18および電動機電圧検出手段19とを備えた電動パワーステアリング装置。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ステアリング系の操舵トルクを検出する操舵トルクセンサと、ステアリング系に操舵補助力を作  
用させる電動機と、この電動機の回転速度を検出する電  
動機回転速度検出手段と、前記電動機の電動機電流を検  
出する電動機電流検出手段と、少なくとも前記操舵トル  
クセンサが検出した操舵トルク信号に対応した目標電流  
信号を発生する目標電流設定手段、前記目標電流信号と  
前記電動機電流検出手段が検出した電動機電流信号の偏  
差信号を決定する偏差信号決定手段、この偏差信号に基  
づいてパルス幅変調信号およびオン信号を発生する駆動  
制御手段を備えた制御手段と、この制御手段からの前記  
パルス幅変調信号および前記オン信号に基づいてブリッ  
ジ回路を形成するスイッチング素子の1組の対辺のそれ  
ぞれが同時に制御され、前記電動機を正逆回転駆動する  
駆動信号を発生する電動機駆動手段とを備えた電動パワ  
ーステアリング装置において、

前記制御手段に、前記操舵トルクセンサが検出した操舵  
トルク信号および前記電動機回転速度検出手段が検出し  
た前記電動機回転速度信号に基づいてステアリング系の  
行き状態と戻り状態を検出するステアリング状態検出手  
段と、前記電動機回転速度信号に対応した戻り時制御信  
号を発生する戻り時制御手段とを設け、前記ステアリン  
グ状態検出手段がステアリング系の戻り状態を検出した  
場合には、前記戻り時制御信号に基づいて前記駆動制御  
手段が発生する前記オン信号を前記電動機回転速度信号  
に対応したパルス幅変調信号に変更することを特徴とす  
る電動パワーステアリング装置。

【請求項2】 前記電動機回転速度検出手段に、前記電  
動機電流検出手段が検出した前記電動機電流信号と電動  
機電圧検出手段が検出する電動機電圧信号に基づいて前  
記電動機回転速度信号を演算する電動機回転速度演算手  
段を備えたことを特徴とする請求項1記載の電動パワ  
ーステアリング装置。

【請求項3】 前記電動機電流検出手段に、ホール素子  
を用いた非接触型の電流検出手段を備えたことを特徴と  
する請求項1記載の電動パワーステアリング装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、電動機の動力を操舵  
補助力としてステアリング系に直接作用させ、ドライバ  
の操舵力の軽減を図る電動パワーステアリング装置に関  
する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の電動パワーステアリング装置にお  
いて、操舵トルクセンサが検出する操舵トルクに基づい  
て目標電流  $I_{us}$  を設定し、この目標電流  $I_{us}$  に対応した  
電動機電圧  $V_M$  で電動機を駆動するとともに、電動機に  
流れる電動機電流  $I_M$  を検出して負帰還 (NFB) をかけ、  
目標電流  $I_{us}$  と電動機電流  $I_M$  の偏差信号に基づい

て電動機電圧  $V_M$  を制御して目標電流  $I_{us}$  と等しい電動  
機電流  $I_M$  で電動機を駆動し、ステアリング系に操舵補  
助力を作用させるよう構成されたものは知られている。

【0003】 また、従来の電動パワーステアリング装置  
は、電動機を駆動する電動機駆動手段をパワー FET  
(電界効果トランジスタ) やパワー・トランジスタ等の  
スイッチング素子を用いたブリッジ回路で構成し、制御  
手段からの制御 (例えば、PWM制御) により電動機に  
供給するパルス状電源電圧のデューティを変化させるよ  
う構成されている。

【0004】 図4に従来の電動パワーステアリング装置  
の全体構成図、図5に従来の電動パワーステアリング装  
置の要部ブロック構成図を示す。図4において、電動パ  
ワーステアリング装置1は、ステアリングホイール2、  
ステアリング軸3、ハイポイドギア4、ピニオン5aお  
よびラック軸5bなどからなるラック&ピニオン機構  
5、タイロッド6、操向車輪の前輪7、操舵補助力を発  
生する電動機8、ステアリングホイール2に作用する操  
舵トルクを検出して操舵トルクに対応した電気信号に変  
換された操舵トルク信号Tを出力する操舵トルクセンサ  
10、操舵トルク信号Tに基づいて電動機8を駆動、制  
御する制御手段12、電動機駆動手段13、電動機電流  
検出手段14等を備える。

【0005】 ステアリングホイール2を操舵すると、ス  
テアリング軸3に設けられた操舵トルクセンサ10が操  
舵トルクを検出して対応する電気信号に変換し、操舵ト  
ルク信号Tを制御手段12に送る。また、ステアリング  
軸3に加えられる回転は、ラック&ピニオン機構5を介  
してピニオン5aの回転力がラック軸5bの軸方向の直  
線運動に変換され、タイロッド6を介して前輪7の操向  
を変化させる。

【0006】 制御手段12は操舵トルク信号Tに基づい  
て電動機駆動手段13に電動機制御電圧  $V_0$  を供給し、  
電動機駆動手段13は電動機制御電圧  $V_0$  に対応した電  
動機電圧  $V_M$  を供給して電動機8を駆動する。

【0007】 電動機電圧  $V_M$  により駆動された電動機8  
は、ハイポイドギア4を介して電動機電圧  $V_M$  のレベル  
および符号に対応した操舵補助力をステアリング系に作  
用させ、ステアリングホイール2に加えられる操舵力の  
軽減を図るよう構成されている。

【0008】 図5において、電動パワーステアリング装  
置1の制御手段12は、操舵トルクセンサ10からの操  
舵トルク信号Tに基づいて図6に示す操舵トルク (T)  
一目標電流 ( $I_{us}$ ) 特性図の目標電流  $I_{us}$  に変換する目  
標電流設定手段15、目標電流  $I_{us}$  と、電動機電流検出  
手段14が検出した電動機電流  $I_M$  の電動機電流検出電  
流  $I_M$  との偏差信号  $\Delta I$  を演算する偏差決定手段16、偏差  
信号  $\Delta I$  を電圧に変換し、電動機駆動手段13をPWM  
制御して偏差信号  $\Delta I$  を速やかに0に収束させるような  
電動機制御電圧  $V_0$  を発生する駆動制御手段17を備え

る。

【0009】電動機駆動手段13は、例えばパワーFET（電界効果トランジスタ）等のスイッチング素子4個を用いたブリッジ回路で構成され、駆動制御手段17から提供されるスイッチオン／オフ信号およびPWM制御信号からなる電動機制御電圧 $V_0$ で、2個をペアとした2組のパワーFETのそれぞれのペアを駆動制御することにより、電動機8に供給する電動機電圧 $V_M$ の電圧値と方向が設定される。なお、電動機電圧 $V_M$ の方向は、

駆動制御手段17から出力される電動機制御電圧 $V_0$ の極性に対応して決定される。

【0010】例えば、右方向のステアリング操作を行うと、プラス極性の操舵トルク信号 $T$ が目標電流設定手段15に入力され、図6に示すプラス極性の操舵トルク信号 $T$ に対応したプラス極性の目標電流 $I_{Ms}$ が出力されて電動機8にもプラス極性の電動機電流 $I_M$ が流れ、右方向の操舵補助力が発生する。この状態では、電動機電流検出手段14が検出する電動機検出電流 $I_{Md}$ もプラス極性となり、偏差決定手段16から出力される偏差信号 $\Delta I$ は電動機電流 $I_M$ と電動機検出電流 $I_{Md}$ の差分（ $I_M - I_{Md}$ ）となり、偏差信号 $\Delta I$ は駆動制御手段17の制御により速やかに0に収束される。

【0011】一方、左方向のステアリング操作を行うと、図6に示す目標電流 $I_{Ms}$ 、電動機電流 $I_M$ および電動機検出電流 $I_{Md}$ はマイナス極性となり、偏差決定手段16から出力される偏差信号 $\Delta I$ は（ $-I_{Ms} + I_{Md}$ ）となって偏差信号 $\Delta I$ は速やかに0に収束される。

【0012】このように、制御手段12は電動機検出電流 $I_{Md}$ の帰還ループを設け、目標電流 $I_{Ms}$ と電動機検出電流 $I_{Md}$ の偏差信号 $\Delta I$ を制御するようにしたので、ステアリングが左右いずれの方向であっても、偏差信号 $\Delta I$ を0に収束させ、速やかに電動機電流 $I_M$ が目標電流 $I_{Ms}$ となるよう制御するよう構成される。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】従来の電動パワーステアリング装置は、電動機検出電流 $I_{Md}$ のフィードバックにより電動機8の駆動を制御するよう構成されているため、例えば、車両が停止中の据え切り時にステアリングホイールから手を放した時、またはステアリングホイールの戻り操作時には、タイヤからの反力によって電動機が反対方向に回転し、電動機8の回生作用により発生する逆起電力により回生電流 $I_R$ が流れ、回生電流 $I_R$ と電動機電流 $I_M$ の和に対応した電動機検出電流 $I_{Md}$ がフィードバックされるため、偏差信号 $\Delta I$ が0に収束されず、発散したり振動して不快音を発生したり、操舵フィーリングを低下させてしまう課題がある。

【0014】次に、電動機電流 $I_M$ と回生電流 $I_R$ の関係について説明する。一般的に、電動機電圧 $V_M$ は電動機8のインダクタンス（ $L$ ）を無視し、電動機電流 $I_M$ 、電動機抵抗 $R_m$ 、電動機回転速度 $N_M$ 、誘導電圧係数 $k_s$

として数1で表わされる。

【0015】

$$【数1】 V_M = R_m \cdot I_M + k_s \cdot N_M$$

【0016】数1より電動機電流 $I_M$ は数2で表わされ、一方、タイヤからの反力によって電動機8が逆回転した場合の電動機電流 $I_M$ は数3で表わされる。

【0017】

$$【数2】 I_M = (V_M - k_s \cdot N_M) / R_m$$

【0018】

$$【数3】 I_M = \{V_M - (-k_s \cdot N_M)\} / R_m$$

【0019】数3より明らかなように、ステアリングの戻り操作時には、回生電流 $I_R (= k_s \cdot N_M / R_m)$ の発生によって電動機電流 $I_M$ が増加し、制御手段12は電動機電流 $I_M$ のフィードバックでは偏差信号 $\Delta I$ を0に収束させることができない。

【0020】図3に電動機駆動手段の動作説明図を示す。図3において、電動機駆動手段13は、ブリッジ回路を形成する4個のパワーFET（電界効果トランジスタ） $Q_1 \sim Q_4$ を備え、各FET $Q_1 \sim Q_4$ はそれぞれのソース、ドレイン間にダイオード $D_1 \sim D_4$ を内蔵しており、 $Q_1$ および $Q_2$ は直流電源 $E_0$ 、 $Q_2$ および $Q_4$ は車体アース（GND）にそれぞれ接続される。一方、 $Q_1$ と $Q_2$ の接続点、 $Q_3$ と $Q_4$ の接続点間に電動機8が接続され、図5の駆動制御手段17から供給される電動機制御電圧 $V_0$ でFET（電界効果トランジスタ） $Q_1 \sim Q_4$ のそれぞれのゲート $G_1 \sim G_4$ を制御することにより、電動機8に電動機電圧 $V_M$ と電動機電流 $I_M$ を供給する。なお、ブリッジ回路はパワーFETに代えてダイオードを並列接続したパワートランジスタで構成される場合もある。

【0021】回転方向右のステアリング行き状態では、例えば、電動機制御電圧 $V_0$ のオン信号 $V_{0n}$ を $Q_1$ のゲート $G_1$ 、PWM信号 $V_{PWM}$ を $Q_4$ のゲート $G_4$ 、オフ信号 $V_{0r}$ をそれぞれ $Q_2$ のゲート $G_2$ と $Q_3$ のゲート $G_3$ に供給することにより、直流電源 $E_0 \rightarrow$  FET（電界効果トランジスタ） $Q_1 \rightarrow$  電動機8  $\rightarrow$  FET（電界効果トランジスタ） $Q_4 \rightarrow$  車体アース（GND）の経路の電動機電流 $I_M$ （破線矢印方向）を電動機8に供給する。

【0022】一方、回転方向左のステアリング行き状態では、オン信号 $V_{0n}$ を $Q_3$ のゲート $G_3$ 、PWM信号 $V_{PWM}$ を $Q_2$ のゲート $G_2$ 、オフ信号 $V_{0r}$ をそれぞれ $Q_1$ のゲート $G_1$ と $Q_4$ のゲート $G_4$ に供給することにより、直流電源 $E_0 \rightarrow$  FET（電界効果トランジスタ） $Q_3 \rightarrow$  電動機8  $\rightarrow$  FET（電界効果トランジスタ） $Q_2 \rightarrow$  車体アース（GND）の経路の電動機電流 $I_M$ （破線矢印と逆方向）を電動機8に供給する。

【0023】このように、電動機制御電圧 $V_0$ のオン信号 $V_{0n}$ とPWM信号 $V_{PWM}$ でブリッジ回路の対辺を形成するFET（電界効果トランジスタ） $Q_1$ と $Q_4$ 、FET（電界効果トランジスタ） $Q_3$ と $Q_2$ を制御すること

により、電動機電流  $I_M$  の方向と大きさを決定し、電動機8の回転方向と回転速度を制御することができる。

【0024】また、抵抗  $R_0$  は電動機電流  $I_M$  の方向とレベルを電圧  $V_0$  (極性と電圧値) として検出し、電動機電流検出手段14で電流に変換して電動機電流検出電流  $I_{M0}$  を出力し、偏差決定手段16にフィードバックする。

【0025】次に、回転方向右のステアリング往き状態から戻り状態に移行した場合、タイヤからの反力により電動機8に逆起電力が発生し、逆起電力による回生電流  $I_R$  が電動機8→ダイオードD3→FET (電界効果トランジスタ) Q1→電動機8の閉ループを流れ、電動機8に流れる電流は電動機制御電圧  $V_0$  制御による電動機電流  $I_M$  と回生電流  $I_R$  の和 ( $I_M + I_R$ ) となって増加する。

【0026】電動機電流検出手段14が増加した電動機電流 ( $I_M + I_R$ ) を検出し、電動機電流 ( $I_M + I_R$ ) に対応した電動機電流検出電流  $I_{M0}$  を偏差決定手段16にフィードバックするため、電動機8の逆起電力により発生した回生電流  $I_R$  については制御ができず、図5の駆動制御手段17は電動機制御電圧  $V_0$  を決定できなくなって電動機電流 ( $I_M + I_R$ ) に寄生共振やハンチング現象を生じ、ステアリングの戻り時に不快感を発生したり、操舵フィーリングの低下を招く場合がある。

【0027】この発明はこのような課題を解決するためなされたもので、その目的はステアリングの戻り時にも目標電流に応じた操舵補助力を発生し、操舵フィーリングを向上することができる電動パワーステアリング装置を提供することにある。

【0028】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するためこの発明に係る電動パワーステアリング装置は、制御手段に、操舵トルクセンサが検出した操舵トルク信号および電動機回転速度検出手段が検出した電動機回転速度信号に基づいてステアリング系の往き状態と戻り状態を検出するステアリング状態検出手段と、電動機回転速度信号に対応した戻り時制御信号を発生する戻り時制御手段とを設け、ステアリング状態検出手段がステアリング系の戻り状態を検出した場合には、戻り時制御信号に基づいて駆動制御手段が発生するオン信号を電動機回転速度信号に対応したパルス幅変調信号に変更することを特徴とする。

【0029】また、この発明に係る電動パワーステアリング装置は、電動機回転速度検出手段に、電動機電流検出手段が検出した電動機電流信号と電動機電圧検出手段が検出する電動機電圧信号に基づいて電動機回転速度信号を演算する電動機回転速度演算手段を備えたことを特徴とする。

【0030】さらに、この発明に係る電動パワーステアリング装置は、電動機電流検出手段に、ホール素子を用いた非接触型の電流検出手段を備えたことを特徴とす

る。

【0031】

【作用】この発明に係る電動パワーステアリング装置は、制御手段に、操舵トルクセンサが検出した操舵トルク信号および電動機回転速度検出手段が検出した電動機回転速度信号に基づいてステアリング系の往き状態と戻り状態を検出するステアリング状態検出手段と、電動機回転速度信号に対応した戻り時制御信号を発生する戻り時制御手段とを設けたので、ステアリング状態検出手段がステアリング系の戻り状態を検出した場合には、戻り時制御信号に基づいて駆動制御手段が発生するオン信号を電動機回転速度信号に対応したパルス幅変調信号に変更するので、電動機の逆起電力による回生電流を補償して電動機電流を目標電流に収束させることができる。

【0032】また、この発明に係る電動パワーステアリング装置は、電動機回転速度検出手段に、電動機電流検出手段が検出した電動機電流信号と電動機電圧検出手段が検出する電動機電圧信号に基づいて電動機回転速度信号を演算する電動機回転速度演算手段を備えたので、電動機回転速度センサを用いなくとも電動機回転速度を検出することができる。

【0033】さらに、この発明に係る電動パワーステアリング装置は、電動機電流検出手段に、ホール素子を用いた非接触型の電流検出手段を備えたので、電動機の動作に影響を与えず電動機電流を検出することができる。

【0034】

【実施例】以下、この発明の実施例を添付図面に基づいて説明する。図1はこの発明に係る電動パワーステアリング装置の要部ブロック構成図である。図1において、電動パワーステアリング装置は、操舵トルクセンサ10、制御手段20、電動機駆動手段13、電動機8、電動機回転速度検出手段30の検出部を構成する電動機電流検出手段18および電動機電圧検出手段19を備える。また、電動機電流検出手段18を介して電動機電流  $I_M$  のフィードバックループを形成する。

【0035】制御手段20はマイクロプロセッサ、ROM/RAM等のメモリ、インタフェース回路、およびソフトウェアプログラムで構成され、目標電流設定手段15、偏差決定手段16、駆動制御手段21、ローパスフィルタ(LPF)22Aおよび22B、電動機回転速度演算手段23、ステアリング状態検出手段24、戻り時制御手段25を備える。また、ローパスフィルタ(LPF)22Aおよび22B、電動機回転速度演算手段23は、電動機電流検出手段18および電動機電圧検出手段19とともに電動機回転速度検出手段30を構成する。

【0036】目標電流設定手段15はROM等のメモリで構成し、予めメモリに設定した図6に示す操舵トルク(T)ー目標電流( $I_{Ms}$ )特性から操舵トルク信号Tに対応した目標電流信号  $I_{Ms}$  を選定して偏差決定手段16に提供する。偏差決定手段16は目標電流信号  $I_{Ms}$  と、

電動機電流検出手段18およびローパスフィルタ(LPF)22Aを介してフィードバックされる電動機電流 $I_M$ の電流信号 $I_{MF}$ の偏差を演算し、偏差信号 $\Delta I$ を駆動制御手段21に供給する。

【0037】駆動制御手段21はPID(比例・積分・微分)補償手段、電流-電圧変換手段およびPWM制御信号発生手段等を備え、偏差信号 $\Delta I$ をPID制御した後、電流信号を電圧信号に変換し、電動機制御電圧 $V_o$ ( $V_{ON}$ 、 $V_{PWM}$ 、 $V_{OF}$ )を電動機駆動手段13に供給する。また、駆動制御手段21は制御電圧変更手段を備え、後述する戻り時制御手段25からステアリング戻り時に制御信号 $V_r$ (例えば、符号化レベル信号)が供給された場合には、電動機制御電圧 $V_o$ のオン信号 $V_{ON}$ を制御信号 $V_r$ (例えば、符号化レベル信号)に対応したPWM信号 $V_{OPWM}$ に変更して出力するよう構成する。

【0038】ローパスフィルタ22Aはアクティブフィルタやソフト処理のフィルタで構成し、電動機電流検出手段18が検出した電動機電流 $I_M$ の電動機検出電流 $I_{Mo}$ の所定周波数以上の、例えばノイズレベルを含む不要帯域レベルを減衰させ、電動機電流 $I_M$ に対応した電流信号 $I_{MF}$ を偏差決定手段16および電動機回転速度演算手段23に供給する。ローパスフィルタ22Bもアクティブフィルタやソフト処理のフィルタで構成し、電動機電圧検出手段19が検出した電動機電圧 $V_M$ の電動機検出電圧 $V_{Mo}$ の所定周波数以上の、例えばノイズレベルを含む不要帯域レベルを減衰させ、電動機電圧 $V_M$ に対応した電圧信号 $V_{MF}$ を電動機回転速度演算手段23に供給する。

【0039】電動機回転速度演算手段23はソフトプログラムの演算機能を備え、ローパスフィルタ22Aからの電流信号 $I_{MF}$ およびローパスフィルタ22Bからの電圧信号 $V_{MF}$ に基づいて数4で表わされる電動機回転速度 $N_M$ を演算し、電動機回転速度信号 $N_M$ をステアリング状態検出手段24および戻り時制御手段25に提供する。

【0040】

$$【数4】 N_M = (V_M - R_m \cdot I_M) / k_s$$

【0041】なお、電動機回転速度検出手段30は、電動機電流検出手段18および電動機電圧検出手段19を回路で構成し、制御手段20の一部を構成するローパスフィルタ22A、ローパスフィルタ22Bおよび電動機回転速度演算手段23を用いて電動機電流 $I_M$ 、電動機電圧 $V_M$ のノイズ成分を減衰させ、電動機回転速度 $N_M$ を演算して検出するので、タコジェネレータ等のセンサに代えて比較的単純な構成で、検出精度の良い検出器を構成する。

【0042】図2に非接触型の電動機電流検出手段の要部ブロック構成図を示す。図2において、電動機電流検出手段18は、非接触型のホール素子18Aおよび電流変換手段18Bで構成し、ホール素子18Aは電動機8を駆動する電動機電流 $I_M$ をホール電圧 $V_{Ho}$ として検出

し、電流変換手段18Bはホール電圧 $V_{Ho}$ を電動機検出電流 $I_{Mo}$ に変換して出力するよう構成する。

【0043】電動機電流検出手段18は、電動機8や電動機駆動手段13の被測定系に影響を及ぼさず電動機電流 $I_M$ を検出するので、検出精度が高く、経時変化の少ない電動機電流検出手段を構成する。

【0044】ステアリング状態検出手段24は比較・判定機能を備え、操舵トルクセンサ10が検出した操舵トルク信号 $T$ の符号信号 $F$ および電動機回転速度演算手段23で演算した電動機回転速度信号 $N_M$ の符号(極性)信号 $G$ に基づいてステアリングの往き状態または戻り状態を検出し、ステアリング状態信号 $S_r$ を戻り時制御手段25に提供する。

【0045】ステアリング状態は、操舵トルク信号 $T$ の符号信号 $F$ と電動機回転速度信号 $N_M$ の符号(極性)信号 $G$ が一致する場合はステアリング往き状態と判定し、例えばLレベルのステアリング状態信号 $S_r$ を出力し、符号信号 $F$ と符号(極性)信号 $G$ が不一致の場合にはステアリング戻り状態と判定し、例えばHレベルのステアリング状態信号 $S_r$ を出力するよう構成する。

【0046】戻り時制御手段25はROM等のメモリ、切替機能を備え、予め図7に示すような電動機回転速度 $N_M$ と制御信号 $V_r$ (例えば、符号化レベル信号)の対応データを記憶しておき、電動機回転速度演算手段23から電動機回転速度信号 $N_M$ が供給されると、対応した制御信号 $V_r$ (例えば、符号化レベル信号)を駆動制御手段21に提供し、駆動制御手段21から出力される電動機制御電圧 $V_o$ のオン信号 $V_{ON}$ を制御信号 $V_r$ に対応したPWM信号 $V_{OPWM}$ に変更( $V_{ON} \rightarrow V_{OPWM}$ )するよう制御する。

【0047】また、戻り時制御手段25はステアリング状態検出手段24から供給されるステアリング状態信号 $S_r$ に基づいて制御信号 $V_r$ の供給/停止が制御され、ステアリング状態信号 $S_r$ がHレベル(ステアリング戻り状態)の場合は制御信号 $V_r$ を出力し、ステアリング状態信号 $S_r$ がLレベル(ステアリング往き状態)の場合には制御信号 $V_r$ を停止するよう構成する。

【0048】演算された電動機回転速度 $N_M$ は電動機電流 $I_M$ に対応し、ステアリング戻り時の制御信号 $V_r$ (例えば、符号化レベル信号)は電動機回転速度 $N_M$ に対応するよう形成し、さらにステアリング戻り時の電動機制御電圧 $V_o$ のPWM信号 $V_{OPWM}$ も制御信号 $V_r$ に対応するよう形成したので、図3に示すようなステアリング戻り時に電動機8の逆起電力によって回生電流 $I_R$ が発生しても、図3のFET(電界効果トランジスタ)Q1のゲートG1に印加されている電動機制御電圧 $V_o$ のオン信号 $V_{ON}$ をPWM信号 $V_{OPWM}$ に変更し、しかも回生電流 $I_R$ に対応したパルス幅のデューティを変化(例えば、回生電流 $I_R$ が増加するとパルス幅のオフ時デューティを増加)し、回生電流 $I_R$ に相当する電流を減少させるよ

うQ1を制御する。

【0049】続いて、この発明に係る電動パワーステアリング装置の動作を図3に基づいて説明する。回転方向右のステアリングの往き状態では、図1の駆動制御手段21から目標電流 $I_{ms}$ に対応した電動機制御電圧 $V_o$ が図3に示す電動機駆動手段13に出力され、FET（電界効果トランジスタ）Q1～Q4のゲートG1～G4にはそれぞれ電動機制御電圧 $V_o$ を形成するオン信号 $V_{on}$ 、オフ信号 $V_{of}$ 、オフ信号 $V_{of}$ 、偏差信号 $\Delta I$ に対応するPWM信号 $V_{pwm}$ が供給され、電動機電流 $I_m$ が矢印（破線）の方向に流れ、電動機8が駆動されて操舵方向に操舵補助力を作用させる。

【0050】この状態から、ステアリング戻り状態に移行すると、タイヤからの反力により電動機8に逆起電力が発生し、操舵トルクと反対方向に対応した回生電流 $I_r$ が矢印の方向に発生して電動機8に流れる電流は回生電流 $I_r$ に目標電流 $I_{ms}$ に対応した電動機電流 $I_m$ が加算（ $I_m + I_r$ ）されたものとなる。

【0051】加算された電流（ $I_m + I_r$ ）および電動機電圧 $V_m$ はそれぞれ図1の電動機電流検出手段18、電動機電圧検出手段19で検出され、それぞれローパスフィルタ22A、22Bを介してノイズレベルが減衰された電流信号 $I_{mf}$ 、電圧信号 $V_{mf}$ が電動機回転速度演算手段23に入力され、電動機回転速度 $N_m$ が演算される。

【0052】一方、ステアリング状態検出手段23が操舵トルク信号T（符号信号F）および電動機回転速度 $N_m$ （符号信号G）からステアリング戻り状態を検出してステアリング状態信号 $S_r$ を出力する。

【0053】戻り制御手段25は、ステアリング状態信号 $S_r$ が入力されると、電動機回転速度信号 $N_m$ に対応した制御信号 $V_r$ を駆動制御手段21に供給して電動機制御電圧 $V_o$ のオン信号 $V_{on}$ を制御信号 $V_r$ のレベルに対応したPWM信号 $V_{pwm}$ に変更して図3のFET（電界効果トランジスタ）Q1のゲートG1が制御信号 $V_r$ に対応してPWM制御される。

【0054】ゲートG1がPWM制御されると、FET Q1およびFET Q4がオフ時に車体アース（GND）→ダイオードD2→電動機8→ダイオードD3→直流電源E。（+）の経路で流れる電流により電動機8が発電作用をするので、電動機電流の増加が抑制され、ステアリング戻り状態において回生電流 $I_r$ が電動機駆動手段13に発生しても、制御手段20は回生電流 $I_r$ の増加分を補償して目標電流 $I_{ms}$ に等しい電動機電流（ $I_m + I_r$ ）で電動機8を駆動し、ステアリング系に操舵補助力を作用する。

【0055】

【発明の効果】以上説明したようにこの発明に係る電動パワーステアリング装置は、制御手段に、操舵トルクセンサが検出した操舵トルク信号および電動機回転速度検出手段が検出した電動機回転速度信号に基づいてステア

リング系の往き状態と戻り状態を検出するステアリング状態検出手段と、電動機回転速度信号に対応した戻り時制御信号を発生する戻り時制御手段とを設け、ステアリング状態検出手段がステアリング系の戻り状態を検出した場合には、戻り時制御信号に基づいて駆動制御手段が発生するオン信号を電動機回転速度信号に対応したパルス幅変調信号に変更し、電動機の逆起電力による回生電流を補償して電動機電流を目標電流に収束させることができるので、不快感や電動機電流のハンチング現象を防止して操舵フィーリングを向上させることができる。

【0056】また、この発明に係る電動パワーステアリング装置は、電動機回転速度検出手段に、電動機電流検出手段が検出した電動機電流信号と電動機電圧検出手段が検出する電動機電圧信号に基づいて電動機回転速度信号を演算する電動機回転速度演算手段を備え、電動機回転速度センサを用いなくとも電動機回転速度を検出することができるので、構成の単純化ならびに検出精度の向上を図ることができる。

【0057】さらに、この発明に係る電動パワーステアリング装置は、電動機電流検出手段に、ホール素子を用いた非接触型の電流検出手段を備え、電動機の動作に影響を与えず電動機電流を検出することができるので、検出精度と信頼性の向上を図ることができる。

【0058】よって、ステアリングの戻り時にも目標電流に応じた操舵補助力を発生する操舵フィーリングに優れた電動パワーステアリング装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係る電動パワーステアリング装置の要部ブロック構成図

【図2】非接触型の電動機電流検出手段の要部ブロック構成図

【図3】電動機駆動手段の動作説明図

【図4】従来の電動パワーステアリング装置の全体構成図

【図5】従来の電動パワーステアリング装置の要部ブロック構成図

【図6】操舵トルク（T）—目標電流（ $I_{ms}$ ）特性図

【図7】電動機回転速度（ $N_m$ ）—制御信号（ $V_r$ ）特性図

【符号の説明】

1…電動パワーステアリング装置、2…ステアリングホイール、3…ステアリング軸、4…ハイポイドギア、5…ラック&ピニオン機構、5a…ピニオン、5b…ラック軸、6…タイロッド、7…前輪、8…電動機、10…操舵トルクセンサ、12、30…制御手段、13…電動機駆動手段、14、18…電動機電流検出手段、15…目標電流設定手段、16…偏差決定手段、17…駆動制御手段、18A…ホール素子、18B…電流変換手段、19…電動機電圧検出手段、21…駆動制御手段、22

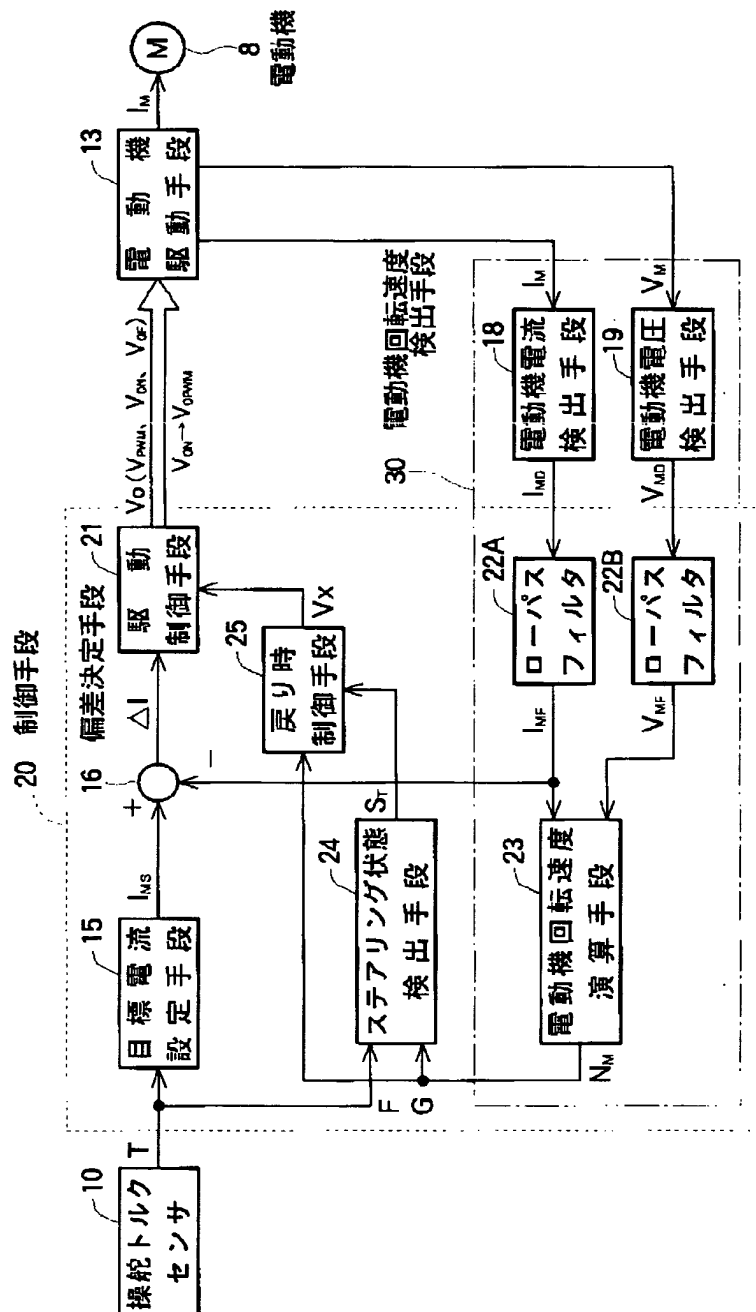
11

A, 22B…ローパスフィルタ(LPF)、23…電動機回転速度演算手段、24…ステアリング状態検出手段、25…戻り時制御手段、30…電動機回転速度検出手段、D1~D4…ダイオード、F, G…符号信号、G1~G4…ゲート、 $I_R$ …回生電流、 $I_M$ …電動機電流、 $I_{MD}$ …電動機検出電流、 $I_{MF}$ …電流信号、 $I_{MS}$ …目標電

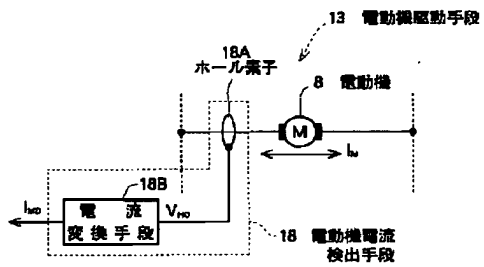
12

流信号、 $\Delta I$ …偏差信号、 $N_M$ …電動機回転速度信号、Q1~Q4…パワーFET(電界効果トランジスタ)、 $S_T$ …ステアリング状態信号、 $V_M$ …電動機電圧、 $V_{MD}$ …電動機検出電圧、 $V_{MF}$ …電圧信号、 $V_{H0}$ …ホール電圧、 $V_0$ …電動機制御電圧、 $V_{OF}$ …オフ信号、 $V_{ON}$ …オン信号、 $V_{PWM}$ 、 $V_{OPWM}$ …PWM信号、 $V_X$ …制御信号。

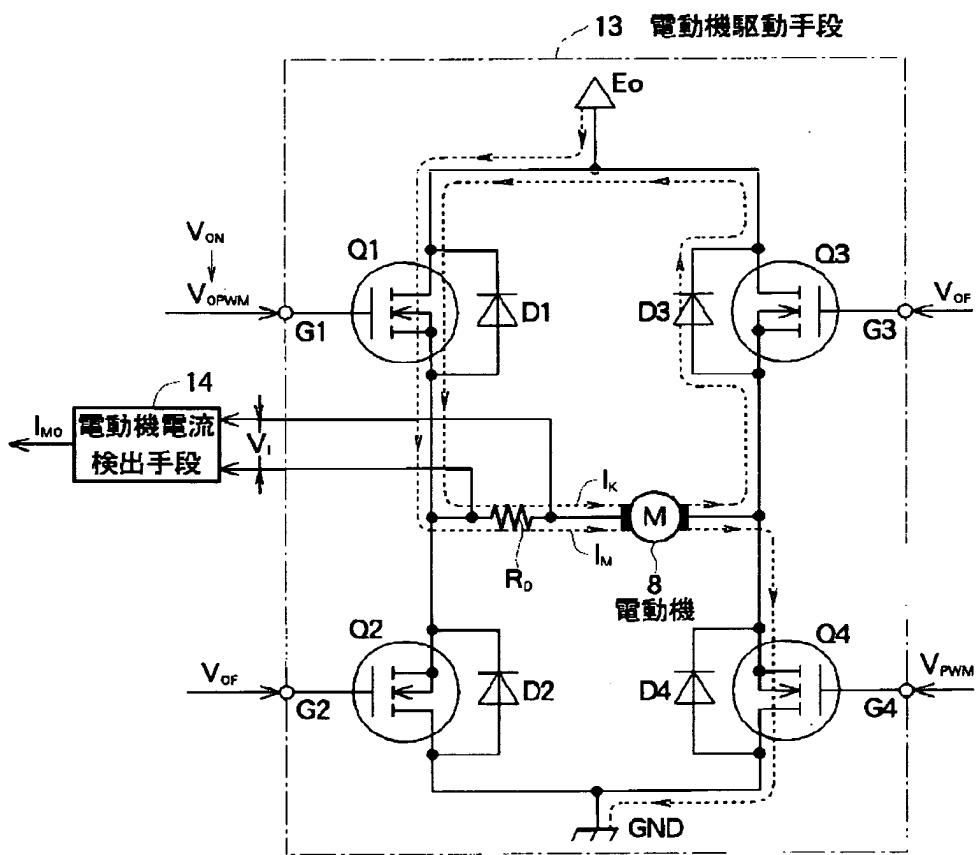
【図1】



【图2】

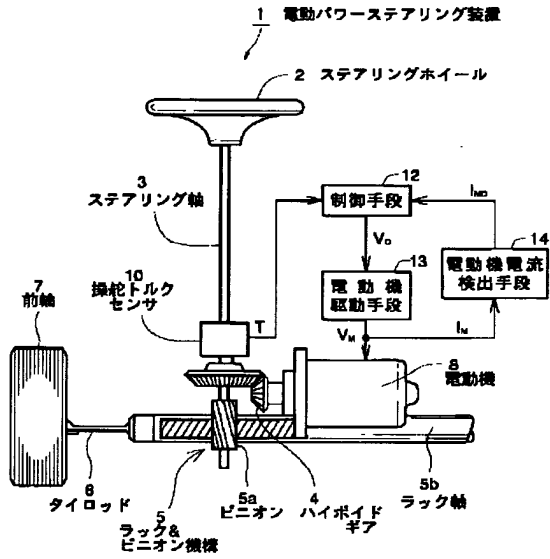


【図 3】

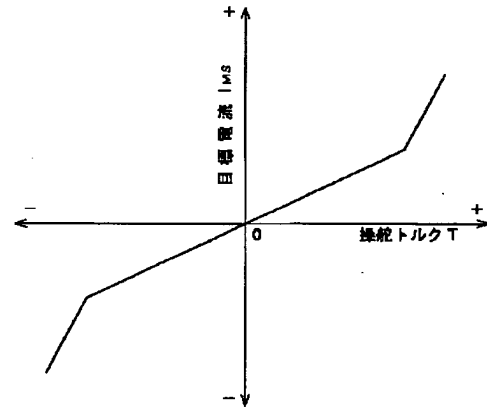




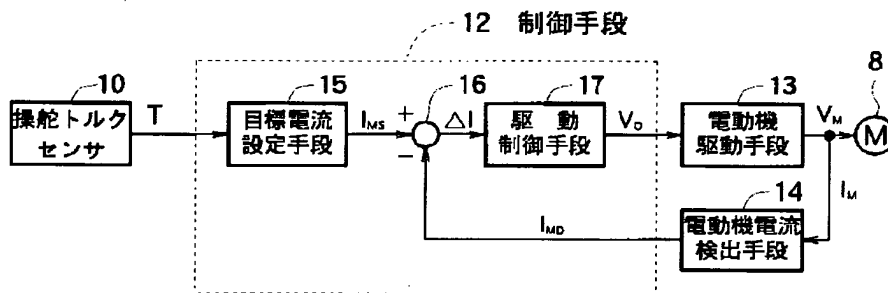
【図4】



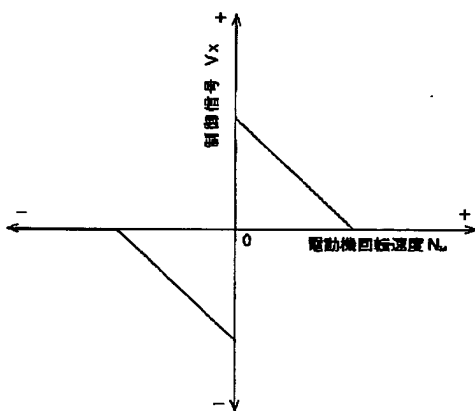
【図6】



【図5】



【図7】



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-067266

(43)Date of publication of application : 12.03.1996

(51)Int.Cl.

B62D 6/00  
B62D 5/04  
// B62D119:00

(21)Application number : 06-206990

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 31.08.1994

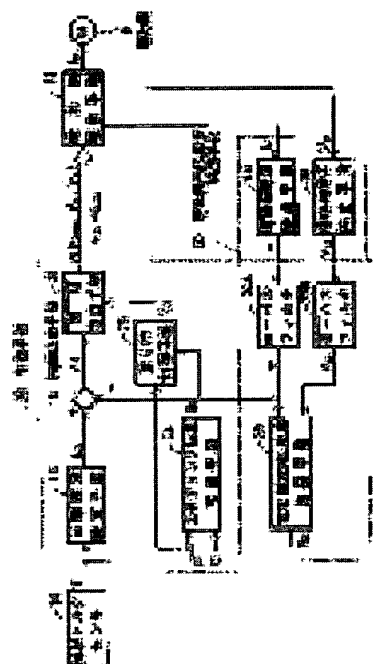
(72)Inventor : MUKAI YOSHINOBU  
NORO EIKI  
HIRONAKA SHINJI

## (54) ELECTRIC DRIVEN POWER STEERING DEVICE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide an electric driven power steering device excellent in a steering feeling generating steering assist force in accordance with a target current even when steering is returned.

CONSTITUTION: An electric driven power steering device is provided with a steering torque sensor 10, control means 20 comprising a target current setting means 15, deviation determining means 16, drive control means 21, low-pass filter(LPF) 22A and 22B, electric motor rotational speed arithmetic means 23, steering condition detecting means 24 and a return time control means 25, electric motor drive means 13, electric motor 8, electric motor current detecting means 18 and an electric motor voltage detecting means 19.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.10.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3120003

[Date of registration] 13.10.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The steering torque sensor which detects the steering torque of a steering system. The motor which makes the steering auxiliary force act on a steering system. A motor rotational-speed detection means to detect the rotational speed of this motor. A motor current detection means to detect the motor current of the aforementioned motor. A target current setting means to generate the target current signal corresponding to the steering torque signal which the aforementioned steering torque sensor detected at least, Control means equipped with a deflection signal determination means to determine the deflection signal of the aforementioned target current signal and the motor current signal which the aforementioned motor current detection means detected, and the drive control means which generate a PDM signal and an ON signal based on this deflection signal, Motor driving means which generate the driving signal to which each of 1 set of opposite sides of the switching element which forms a bridge circuit based on the aforementioned PDM signal and the aforementioned ON signal from these control means is simultaneously controlled, and carries out the right reverse rotation drive of the aforementioned motor. It is electric power-steering equipment equipped with the above. to the aforementioned control means A steering state detection means to return with the going state of a steering system based on the aforementioned motor rotational-speed signal which the steering torque signal and the aforementioned motor rotational-speed detection means which the aforementioned steering torque sensor detected detected, and to detect a state, When a return tense means corresponding to the aforementioned motor rotational-speed signal to return and to generate a tense signal is established and the aforementioned steering state detection means detects the return state of a steering system It is characterized by changing into the PDM signal corresponding to the

aforementioned motor rotational-speed signal the aforementioned ON signal which the aforementioned drive control means generate based on the aforementioned return tense signal.

[Claim 2] Electric power-steering equipment according to claim 1 characterized by having a motor rotational-speed operation means to calculate the aforementioned motor rotational-speed signal for the aforementioned motor rotational-speed detection means based on the aforementioned motor current signal which the aforementioned motor current detection means detected, and the motor voltage signal which a motor voltage detection means detects.

[Claim 3] Electric power-steering equipment according to claim 1 characterized by having a non-contact type current detection means by which the hall device was used for the aforementioned motor current detection means.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] Direct action of this invention is carried out to a steering system by making power of a motor into the steering auxiliary force, and it relates to the electric power-steering equipment which aims at mitigation of the control force of a driver.

[0002]

[Description of the Prior Art] While setting up target current  $I_{MS}$  in conventional electric power-steering equipment based on the steering torque which a steering torque sensor detects and driving a motor on the motor voltage  $V_M$  corresponding to this target current  $I_{MS}$  Detect the motor current  $I_M$  which flows to a motor, and negative feedback (NFB) is applied. The motor voltage  $V_M$  is controlled based on the deflection signal of target current  $I_{MS}$  and motor current  $I_M$ , a motor is driven with motor current  $I_M$  equal to target current  $I_{MS}$ , and what was constituted so that the steering auxiliary force might be made to act on a steering system is known.

[0003] Moreover, conventional electric power-steering equipment constitutes the motor driving means which drive a motor from a bridge circuit using switching elements, such as Power FET (field-effect transistor) and a power transistor, and it is constituted so that the duty of the pulse-like supply voltage supplied to a motor by control (for example, PWM control) from control means may be changed.

[0004] The important section block diagram of conventional electric power-steering equipment is shown in drawing 4 at the conventional electric power-steering equipment whole block diagram, and drawing 5 . In drawing 4 electric power-steering equipment 1 The rack & pinion mechanism 5 which consists of a steering wheel 2, the steering shaft 3, hypoid gears 4, pinion 5a, rack shaft 5b, etc., a tie rod 6, the front wheel 7 of a steering wheel, the motor 8 that generates the steering auxiliary force, and the steering torque which acts on a steering wheel 2 are detected. It has the control means 12 which are based on the steering torque sensor 10 and the steering torque signal T which output the steering torque signal T changed into the electrical signal corresponding to steering torque, and drive and control a motor 8, the motor driving means 13, and motor current detection means 14 grade.

[0005] If a steering wheel 2 is steered, the steering torque sensor 10 prepared in the steering shaft 3 will change steering torque into the electrical signal which detects and corresponds, and will send the steering torque signal T to control means 12. Moreover, the turning effort of pinion 5a is changed into the rectilinear motion of the shaft orientations of rack shaft 5b through the rack & pinion mechanism 5, and the rotation added to the steering shaft 3 changes steering of a front wheel 7 through a tie rod 6.

[0006] Control means 12 supply the motor-control voltage VO to the motor driving means 13 based on the steering torque signal T, and the motor driving means 13 supply the motor voltage VM corresponding to the motor-control voltage VO, and drive a motor 8.

[0007] The motor 8 driven with the motor voltage VM makes the steering auxiliary force corresponding to the level and the sign of the motor voltage VM act on a steering system through hypoid gears 4, and it is constituted so that mitigation of the control force applied to a steering wheel 2 may be aimed at.

[0008] In drawing 5 the control means 12 of electric power-steering equipment 1 The target current setting means 15 and target current IMS which are transformed into the target current IMS of a steering (torque T)-target current (IMS) property view shown in drawing 6 based on the steering torque signal T from the steering torque sensor 10 The deflection determination means 16 and deflection signal  $\Delta I$  which calculate deflection signal  $\Delta I$  with the motor detection current IMD of the motor current IM which the motor current detection means 14 detected are changed into voltage. It has the drive control means 17 which generate the motor-control voltage VO which PWM control of the motor driving means 13 is carried out [ voltage ], and completes deflection signal  $\Delta I$  as 0 promptly.

[0009] The motor driving means 13 are the motor-control voltage VO which consists of switch-on / OFF signal and the PWM control signal which consist of bridge circuits using four switching elements, such as Power FET (field-effect transistor), and are offered from the drive control means 17, and the voltage value and direction of the motor voltage VM which are supplied to a motor 8 are set up by carrying out drive control of each pair of 2 sets of power FET which made two pieces the pair. In addition, the direction of the motor voltage VM is determined corresponding to the polarity of the motor-control voltage VO outputted from the drive control means 17.

[0010] For example, if rightward steering operation is performed, the steering torque signal T of plus polarity is inputted into the target current setting means 15, the target current IMS of plus polarity corresponding to the steering torque signal T of plus polarity shown in drawing 6 will be outputted, the motor current IM of plus polarity will flow also to a motor 8, and the rightward steering auxiliary force will occur. In this state, the motor detection current IMD which the motor current detection means 14 detects also serves as plus polarity, deflection signal  $\Delta I$  outputted from the deflection determination means 16 becomes the difference ( $IM-IMD$ ) of motor current IM and motor detection current IMD, and it converges deflection signal  $\Delta I$  on 0 promptly by control of the drive control means 17.

[0011] On the other hand, if leftward steering operation is performed, the target current IMS shown in drawing 6 , motor current IM, and motor detection current IMD will serve as minus polarity, deflection signal  $\Delta I$  outputted from the deflection determination means 16 will become  $(-IMS+IMD)$ , and it will converge deflection signal  $\Delta I$  on 0 promptly.

[0012] thus -- since control means 12 establish the feedback loop of motor detection current IMD and deflection signal  $\Delta I$  of target current IMS and motor detection current IMD was controlled -- a steering -- right and left -- even if it is which direction, deflection signal  $\Delta I$  is completed as 0, and it is constituted so that motor current IM turns into target current IMS promptly and it may control

[0013]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Since conventional electric power-steering equipment is constituted so that the drive of a motor 8 may be controlled by feedback of motor detection current IMD, for example, when it sets [ which vehicles are stopping ] and its hold of a steering wheel is released at the time of the end, at the time of return operation of a steering wheel A motor rotates to opposite direction with the reaction force from a tire, and regeneration current IK flows by the counter-electromotive force generated by regeneration operation of a motor 8. Since

the motor detection current  $I_{MD}$  corresponding to the sum of regeneration current  $I_K$  and motor current  $I_M$  is fed back, do not converge deflection signal  $\Delta I$  on 0, but it emits, or it vibrates and the technical problem in which a steering feeling is reduced occurs [ \*\*\*\* / generating unpleasant sound ].

[0014] Next, the relation between motor current  $I_M$  and regeneration current  $I_K$  is explained. Generally, the motor voltage  $V_M$  disregards the inductance ( $L$ ) of a motor 8, and is expressed with several 1 as motor current  $I_M$ , the motor resistance  $R_m$ , the motor rotational speed  $N_M$ , and an induced voltage coefficient  $k_S$ .

[0015]

[Equation 1]  $V_M = R_m \cdot I_M + k_S \cdot N_M$  [0016] From several 1, motor current  $I_M$  is expressed with several 2, and, on the other hand, motor current  $I_M$  when a motor 8 rotates reversely with the reaction force from a tire is expressed with several 3.

[0017]

[Equation 2]  $I_M = (V_M - k_S \cdot N_M) / R_m$  [0018]

[Equation 3]  $I_M = \{V_M - (-k_S \cdot N_M)\} / R_m$  [0019] Motor current  $I_M$  can increase and control means 12 cannot make 0 converge deflection signal  $\Delta I$  by feedback of motor current  $I_M$  by generating of regeneration current  $I_K (=k_S \cdot N_M / R_m)$  at the time of return operation of a steering so that more clearly than several 3.

[0020] Explanatory drawing of motor driving means of operation is shown in drawing 3. four power FET(field-effect transistor) Q1-Q4 in which the motor driving means 13 form a bridge circuit in drawing 3 -- having -- every -- FETQ1-Q4 build in diodes D1-D4 between each source and a drain, and DC power supplies EO, Q2, and Q4 are connected to a body ground (GND) for Q1 and Q2, respectively The motor voltage  $V_M$  and motor current  $I_M$  are supplied to a motor 8 by connecting a motor 8 between the node of Q1 and Q2, and the node of Q3 and Q4, and on the other hand, controlling each gate G1-G4 of FET(field-effect transistor) Q1-Q4 by the motor-control voltage  $V_O$  supplied from the drive control means 17 of drawing 5. In addition, a bridge circuit may consist of power transistors which replaced with Power FET and carried out parallel connection of the diode.

[0021] In the state of steering going of the hand-of-cut right, the ON signal  $V_{ON}$  of the motor-control voltage  $V_O$  by supplying the gate G1 of Q1, and the PWM signal  $V_{PWM}$  to the gate G4 of Q4, and supplying the OFF signal  $V_{OF}$  to gate G3 of the gates G2 and Q3 of Q2, respectively, for example The motor current  $I_M$  (the direction of a dashed line arrow) of the path of a DC-power-supply  $E_O \rightarrow$  FET(field-effect transistor) Q1  $\rightarrow$  motor 8  $\rightarrow$  FET(field-effect transistor) Q4  $\rightarrow$  body ground (GND) is supplied to a motor 8.



[0022] On the other hand, in the state of steering going of the hand-of-cut left, the motor current  $I_M$  (a dashed line arrow and opposite direction) of the path of a DC-power-supply  $E_O \rightarrow$  FET(field-effect transistor)  $Q_3 \rightarrow$  motor 8  $\rightarrow$  FET(field-effect transistor)  $Q_2 \rightarrow$  body ground (GND) is supplied to a motor 8 by supplying gate  $G_3$  of  $Q_3$ , and the PWM signal  $VPWM$  to the gate  $G_2$  of  $Q_2$ , and supplying the OFF signal  $VOF$  for the ON signal  $VON$  to the gate  $G_4$  of the gates  $G_1$  and  $Q$

[0023] Thus, by controlling FET(field-effect transistor)  $Q_1$  which forms the opposite side of a bridge circuit,  $Q_4$  and FET(field-effect transistor)  $Q_3$ , and  $Q_2$  by the ON signal  $VON$  of the motor-control voltage  $VO$ , and the PWM signal  $VPWM$ , the direction and size of motor current  $I_M$  can be determined and the hand of cut and rotational speed of a motor 8 can be controlled.

[0024] Moreover, Resistance  $R_D$  detects the direction and level of motor current  $I_M$  as voltage  $V_I$  (polarity and voltage value), is changed into current with the motor current detection means 14, outputs motor detection current  $I_{MD}$ , and feeds it back to the deflection determination means 16.

[0025] Next, when it returns from the steering going state of the hand-of-cut right and shifts to a state, counter-electromotive force occurs in a motor 8 with the reaction force from a tire, and the current to which the regeneration current  $I_K$  by counter-electromotive force flows the closed loop of the motor 8  $\rightarrow$  diode  $D_3 \rightarrow$  FET(field-effect transistor)  $Q_1 \rightarrow$  motor 8, and flows to a motor 8 serves as the sum ( $I_M + I_K$ ) of the motor current  $I_M$  by motor-control voltage  $VO$  control, and regeneration current  $I_K$ , and increases.

[0026] In order to detect the motor current ( $I_M + I_K$ ) which the motor current detection means 14 increased and to feed back the motor detection current  $I_{MD}$  corresponding to motor current ( $I_M + I_K$ ) to the deflection determination means 16, About the regeneration current  $I_K$  generated by the counter-electromotive force of a motor 8, control is impossible. It becomes impossible for the drive control means 17 of drawing 5 to determine the motor-control voltage  $VO$ , and they produce parasitic oscillation and a hunting phenomenon on motor current ( $I_M + I_K$ ), and at the time of the return of a steering, unpleasant sound may be generated or they may cause the fall of a steering feeling.

[0027] It is in this invention offering the electric power-steering equipment which was able to be made since such a technical problem was solved, and the purpose can generate the steering auxiliary force according to target current also at the time of the return of a steering, and can improve a steering feeling.

[0028]

[Means for Solving the Problem] The electric power-steering equipment applied to this invention in order to solve the aforementioned technical problem A steering state detection means to return with the going state of a steering system to control means based on the motor rotational-speed signal which the steering torque signal and motor rotational-speed detection means which the steering torque sensor detected detected, and to detect a state to them, When a return tense means corresponding to the motor rotational-speed signal to return and to generate a tense signal is established and a steering state detection means detects the return state of a steering system It is characterized by changing into the PDM signal corresponding to the motor rotational-speed signal the ON signal which drive control means generate based on a return tense signal.

[0029] Moreover, the electric power-steering equipment concerning this invention is characterized by having a motor rotational-speed operation means to calculate a motor rotational-speed signal for a motor rotational-speed detection means based on the motor current signal which the motor current detection means detected, and the motor voltage signal which a motor voltage detection means detects.

[0030] Furthermore, the electric power-steering equipment concerning this invention is characterized by having a non-contact type current detection means by which the hall device was used for the motor current detection means.

[0031]

[Function] The electric power-steering equipment concerning this invention A steering state detection means to return with the going state of a steering system to control means based on the motor rotational-speed signal which the steering torque signal and motor rotational-speed detection means which the steering torque sensor detected detected, and to detect a state to them, Since a return tense means corresponding to the motor rotational-speed signal to have returned and to generate a tense signal was established, when a steering state detection means detects the return state of a steering system Since the ON signal which drive control means generate based on a return tense signal is changed into the PDM signal corresponding to the motor rotational-speed signal, the regeneration current by the counter-electromotive force of a motor can be compensated, and motor current can be completed as target current.

[0032] Moreover, since the electric power-steering equipment concerning this invention was equipped with a motor rotational-speed operation means to calculate a motor rotational-speed signal for a motor rotational-speed detection means based on the motor current signal which the motor current detection means detected, and the

motor voltage signal which a motor voltage detection means detects, even if it does not use a motor rotational-speed sensor, it can detect motor rotational speed.

[0033] Furthermore, since the electric power-steering equipment concerning this invention was equipped with a non-contact type current detection means by which the hall device was used for the motor current detection means, it cannot affect operation of a motor but can detect motor current.

[0034]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained based on an accompanying drawing. Drawing 1 is the important section block diagram of the electric power-steering equipment concerning this invention. Electric power-steering equipment is equipped with the motor current detection means 18 and the motor voltage detection means 19 of constituting the detecting element of the steering torque sensor 10, control means 20, the motor driving means 13, a motor 8, and the motor rotational-speed detection means 30, in drawing 1. Moreover, the feedback loop of motor current IM is formed through the motor current detection means 18.

[0035] Control means 20 consist of memory, such as a microprocessor and ROM/RAM, an interface circuitry, and a soft program, and are equipped with the target current setting means 15, the deflection determination means 16, the drive control means 21, low pass filters (LPF) 22A and 22B, the motor rotational-speed operation means 23, the steering state detection means 24, and the return tense means 25. Moreover, low pass filters (LPF) 22A and 22B and the motor rotational-speed operation means 23 constitute the motor rotational-speed detection means 30 with the motor current detection means 18 and the motor voltage detection means 19.

[0036] The target current setting means 15 is constituted from memory, such as ROM, selects the target current signal IMS corresponding to the steering torque signal T from the steering (torque T)-target current (IMS) property shown in drawing 6 beforehand set as memory, and provides the deflection determination means 16 with it. The deflection determination means 16 calculates the deflection of the current signal IMF of the motor current IM fed back through the target current signal IMS, the motor current detection means 18, and low pass filter (LPF) 22A, and supplies deflection signal  $\Delta I$  to the drive control means 21.

[0037] After the drive control means 21 are equipped with a PID (proportionality, integration, and differential) compensation means, a current-voltage conversion means, a PWM control signal generating means, etc. and carry out PID control of the deflection signal  $\Delta I$ , they transform a current signal into a voltage signal, and

supply the motor-control voltage VO (VON, VPWM, VOF) to the motor driving means 13. Moreover, the drive control means 21 are equipped with a control-voltage change means, and when a control signal VX (for example, coding level signal) is supplied from a return tense means 25 to mention later, at the time of steering return, they constitute it so that the ON signal VON of the motor-control voltage VO may be changed and outputted to the PWM signal VOPMW corresponding to the control signal VX (for example, coding level signal).

[0038] Low pass filter 22A is constituted from an active filter or a filter of soft processing, attenuates the unnecessary band level containing for example, the noise level more than the predetermined frequency of the motor detection current IMD of the motor current IM which the motor current detection means 18 detected, and supplies the current signal IMF corresponding to motor current IM to the deflection determination means 16 and the motor rotational-speed operation means 23. Low pass filter 22B is also constituted from an active filter or a filter of soft processing, the unnecessary band level containing noise level is attenuated, and the voltage signal VMF corresponding to the motor voltage VM more than the predetermined frequency of the motor detection voltage VMD of the motor voltage VM which the motor voltage detection means 19 detected is supplied to the motor rotational-speed operation means 23.

[0039] The motor rotational-speed operation means 23 is equipped with the calculation function of a soft program, calculates the motor rotational speed NM expressed with several 4 based on the current signal IMF from low pass filter 22A, and the voltage signal VMF from low pass filter 22B, and provides the steering state detection means 24 and the return tense means 25 with the motor rotational-speed signal NM.

[0040]

[Equation 4]  $NM = (VM - R_m \cdot IM) / kS$  [0041] In addition, since it attenuates the noise component of motor current IM and the motor voltage VM using low pass filter 22A which constitutes the motor current detection means 18 and the motor voltage detection means 19 from a circuit, and constitutes some control means 20, low pass filter 22B, and the motor rotational-speed operation means 23 and calculates and detects the motor rotational speed NM, a motor rotational-speed detection means 30 replaces with sensors, such as a tacometer generator, is comparatively simple composition and constitutes a detector with a sufficient detection precision.

[0042] The important section block block diagram of a non-contact type motor current detection means is shown in drawing 2 . In drawing 2 , the motor current

detection means 18 is constituted from non-contact type hall device 18A and current conversion means 18B, hall device 18A detects the motor current IM which drives a motor 8 as Hall voltage VHO, and it constitutes current conversion means 18B so that Hall voltage VHO may be changed and outputted to motor detection current IMD.

[0043] Since the motor current detection means 18 does not affect the system of measurement of a motor 8 or the motor driving means 13 but detects motor current IM, its detection precision is high and it constitutes a motor current detection means with little aging.

[0044] The steering state detection means 24 is equipped with comparison / judgment function, detects the going state or return state of a steering based on the sign (polarity) signal G of the motor rotational-speed signal NM calculated with the code signal F of the steering torque signal T which the steering torque sensor 10 detected, and the motor rotational-speed operation means 23, returns and provides the tense means 25 with the steering state signal ST.

[0045] A steering state is constituted so that judge with a steering going state when the sign (polarity) signal G of the code signal F of the steering torque signal T and the motor rotational-speed signal NM is in agreement, for example, the steering state signal ST of L level is outputted, a code signal F and the sign (polarity) signal G may judge with a steering return state when inharmonious, for example, the steering state signal ST of H level may be outputted.

[0046] The motor rotational speed NM and a control signal VX as the return tense means 25 equipped with memory, such as ROM, and a change function and beforehand shown in drawing 7 If the correspondence data of (a coding level signal [ for example, ]) are memorized and the motor rotational-speed signal NM is supplied from the motor rotational-speed operation means 23 The drive control means 21 are provided with the corresponding control signal VX (for example, coding level signal), and it controls to change into PWM signal V0PWM corresponding to the control signal VX the ON signal VON of the motor-control voltage VO outputted from the drive control means 21 (VON->V0PWM).

[0047] Moreover, based on the steering state signal ST supplied from the steering state detection means 24, supply/halt of a control signal VX are controlled, the return tense means 25 outputs a control signal VX, when the steering state signal ST is H level (steering return state), and when the steering state signal ST is L level (steering going state), it constitutes it so that a control signal VX may be stopped.

[0048] The calculated motor rotational speed NM corresponds to motor current IM. The control signal VX at the time of steering return Since (for example, the coding

level signal) was formed so that it might correspond to the motor rotational speed NM, and it formed so that PWM signal V0PWM of the motor-control voltage VO at the time of steering return might also correspond to a control signal VX further Even if regeneration current IK occurs by the counter-electromotive force of a motor 8 at the time of steering return as shown in drawing 3 The ON signal VON of the motor-control voltage VO currently impressed to the gate G1 of FET(field-effect transistor) Q1 of drawing 3 is changed into PWM signal V0PWM. And the duty of the pulse width corresponding to regeneration current IK is changed (an increase of regeneration current IK increases duty at the time of OFF of pulse width), and Q1 is controlled to decrease the current equivalent to regeneration current IK.

[0049] Then, operation of the electric power-steering equipment concerning this invention is explained based on drawing 3 . In the going state of the steering of the hand-of-cut right, the motor-control voltage VO corresponding to target current IMS is outputted to the motor driving means 13 shown in drawing 3 from the drive control means 21 of drawing 1 . The ON signal VON which forms the motor-control voltage VO in the gates G1-G4 of FET(field-effect transistor) Q1-Q4, respectively The OFF signal VOF, the OFF signal VOF, and the PWM signal VPWM corresponding to deflection signal delta are supplied, motor current IM flows in the direction of an arrow (dashed line), a motor 8 drives, and the steering auxiliary force is made to act in the steering direction.

[0050] From this state, when it shifted to the steering return state, counter-electromotive force occurred in the motor 8 with the reaction force from a tire, and the motor current IM corresponding to [ in the current to which steering torque and the regeneration current IK corresponding to opposite direction occur in the direction of an arrow, and flow to a motor 8 ] target current IMS to regeneration current IK was added ( $IM+IK$ ).

[0051] It is detected with the motor current detection means 18 of drawing 1 , and the motor voltage detection means 19, respectively, the current signal IMF which noise level decreased through low pass filters 22A and 22B, respectively, and a voltage signal VMF are inputted into the motor rotational-speed operation means 23, and the motor rotational speed NM calculates the current ( $IM+IK$ ) and the motor voltage VM which were added.

[0052] On the other hand, the stay ring state detection means 23 detects a steering return state from the steering torque signal T (code signal F) and the motor rotational speed NM (code signal G), and outputs the steering state signal ST.

[0053] If the steering state signal ST is inputted, the control signal VX corresponding

to the motor rotational-speed signal NM will be supplied to the drive control means 21, will be changed into PWM signal V0PWM corresponding to the level of a control signal VX for the ON signal VON of the motor-control voltage VO, and, as for the return control means 25, PWM control of the gate G1 of FET(field-effect transistor) Q1 of drawing 3 will be carried out corresponding to a control signal VX.

[0054] If PWM control of the gate G1 is carried out, since a motor 8 will carry out a power generation operation by the current on which FETQ1 and FETQ4 flow in the path of body ground (GND) → diode D2 → motor 8 → diode D3 → DC power supply EO (+) at the time of OFF, the increase in motor current is suppressed. Even if regeneration current IK occurs in the motor driving means 13 in a steering return state, control means 20 compensate the increment of regeneration current IK, drive a motor 8 with motor current (IM+IK) equal to target current IMS, and act the steering auxiliary force on a steering system.

[0055]

[Effect of the Invention] The electric power-steering equipment applied to this invention as explained above A steering state detection means to return with the going state of a steering system to control means based on the motor rotational-speed signal which the steering torque signal and motor rotational-speed detection means which the steering torque sensor detected detected, and to detect a state to them, When a return tense means corresponding to the motor rotational-speed signal to return and to generate a tense signal is established and a steering state detection means detects the return state of a steering system Since the ON signal which drive control means generate based on a return tense signal can be changed into the PDM signal corresponding to the motor rotational-speed signal, the regeneration current by the counter-electromotive force of a motor can be compensated and motor current can be completed as target current The hunting phenomenon of unpleasant sound or motor current can be prevented, and a steering feeling can be raised.

[0056] Moreover, since the electric power-steering equipment concerning this invention can detect motor rotational speed even if it equips a motor rotational-speed detection means with a motor rotational-speed operation means calculate a motor rotational-speed signal based on the motor current signal which the motor current detection means detected, and the motor voltage signal which a motor voltage detection means detects and it does not use a motor rotational-speed sensor for it, it can aim at improvement in detection precision in the simplification row of composition.

[0057] Furthermore, since the electric power-steering equipment concerning this

invention can be equipped with a non-contact type current detection means by which the hall device was used for the motor current detection means, and cannot affect operation of a motor but can detect motor current, it can aim at improvement in detection precision and reliability.

[0058] Therefore, electric power-steering equipment excellent in the steering feeling which generates the steering auxiliary force according to target current also at the time of the return of a steering can be offered.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The important section block block diagram of the electric power-steering equipment concerning this invention

[Drawing 2] The important section block block diagram of a non-contact type motor current detection means

[Drawing 3] Explanatory drawing of motor driving means of operation

[Drawing 4] The conventional electric power-steering equipment whole block diagram

[Drawing 5] The important section block block diagram of conventional electric power-steering equipment

[Drawing 6] Steering (torque T)-target current (IMS) property view

[Drawing 7] Motor rotational-speed (NM)-control signal (VX) property view

[Description of Notations]

1 [ -- Steering shaft, ] -- Electric power-steering equipment, 2 -- A steering wheel, 3 4 [ -- Pinion, ] -- Hypoid gears, 5 -- A rack & pinion mechanism, 5a 5b [ -- A front wheel, 8 / -- A motor, 10 / -- Steering torque sensor, ] -- A rack shaft, 6 -- A tie rod, 7 12 30 [ -- Motor current detection means, ] -- Control means, 13 -- 14 Motor driving means, 18 15 [ -- Drive control means, ] -- A target current setting means, 16 -- A deflection determination means, 17 18A [ -- Motor voltage detection means, ] -- A hall device, 18B -- A current conversion means, 19 21 -- Drive control means, 22A, 22B -- Low pass filter (LPF), 23 -- A motor rotational-speed operation means, 24 -- Steering state detection means, 25 [ -- Diode, ] -- A return tense means, 30 -- A motor rotational-speed detection means, D1-D4 F, G [ -- Regeneration current, IM / -- Motor current, ] -- A code signal, G1-G4 -- The gate, IK IMD [ -- Target current signal, ] -- Motor detection current, IMF -- A current signal, IMS delta [ -- Power FET (field-effect transistor) ] -- A deflection signal, NM -- A motor rotational-speed



signal, Q1-Q4 ST [ -- Motor detection voltage, VMF / -- A voltage signal, VHO / --  
A Hall voltage, VO / -- Motor-control voltage, VOF / -- An OFF signal, VON / -- An  
ON signal, VPWM, a VOPWM--PWM signal, VX / -- Control signal. ] -- A steering  
state signal, VM -- Motor voltage, VMD

---

[Translation done.]